

Estrategias de ultrafiltración en CEC y su impacto en la morbilidad postoperatoria

RESUMEN / ABSTRACT

Introducción y Objetivos: La CEC está asociada al síndrome de respuesta inflamatoria sistémica. La ultrafiltración es una de las técnicas atenuadora de la magnitud de este síndrome, reduciendo también el consumo de hemoderivados. Este estudio se propone evaluar las estrategias de ultrafiltración en CEC y analizar su impacto en la morbilidad postoperatoria.

Material y Métodos: Estudio observacional, descriptivo-correlacional, de abordaje retrospectivo a 334 pacientes sometidos a cirugía de revascularización miocárdica con CEC. Se dividió la muestra en cuatro grupos (pacientes que realizaron solo ultrafiltración modificada; pacientes que realizaron ultrafiltración convencional y modificada; pacientes que realizaron solo ultrafiltración convencional; pacientes que no realizaron ninguna de las técnicas), comparando la evolución clínica intra y postoperatoria entre los distintos grupos. Los datos se analizaron con el programa IBM SPSS® 21.0, usándose el test Chi-Cuadrado para el análisis de variables nominales y el test T de Student y U de Mann-Whitney para las restantes variables.

Resultados: La aplicación de las técnicas de ultrafiltración convencional y modificada está asociada a un menor consumo de sangre ($p=0,001$). El grupo que presenta menor tasa de complicaciones postoperatorias es el que realizó exclusivamente ultrafiltración modificada ($p<0,001$). Los tiempos de estancia en UCI y de hospitalización son más elevados en los pacientes que presentan complicaciones postoperatorias ($p<0,001$). La edad representa un incremento de riesgo de complicaciones ($p<0,05$).

Conclusiones: La ultrafiltración está asociada a un menor consumo de sangre, contribuyendo para la menor incidencia de complicaciones postoperatorias y menor prevalencia de morbilidad.

Palabras clave: Hemofiltración; ultrafiltración; circulación extracorpórea; cirugía cardíaca.

Background: ECC is often related to a Systemic Inflammatory Response Syndrome. Ultrafiltration is one of the techniques that attenuates these syndroms magnitude, also reducing blood product consumption. The purpose of the present study is to evaluate ultrafiltration strategies in ECC, analysing their impact in postoperative morbidity.

Materials and methods: Observation and description - correlational study, addressing a retrospective analysis of 334 patients undergoing on-pump coronary artery bypass grafting. The sample was divided in four groups (patients with modified ultrafiltration; patients with conventional and modified ultrafiltration; patients with only conventional ultrafiltration and patients without any ultrafiltration technique), comparing intra and postoperative clinical evolution between the four groups. Data were analysed with IBM SPSS® 21.0, using Chi-Square test to analyse nominal variables and Students T and Mann-Withnet U tests for the remaining variables.

Results: The use of conventional and modified ultrafiltration is associated with less blood consumption ($p=0,001$). The group with less postoperative complications is the modified ultrafiltration group ($p<0,001$). ICU and in-hospital stay are higher in patients that have postoperative complications ($p<0,001$). Age represents an increase in the risk of complications ($p<0,05$).

Conclusions: Ultrafiltration is associated with less blood consumption, contributing to less complication incidence and less morbidity prevalence.

Keywords: Haemofiltration; ultrafiltration; extracorporeal circulation; cardiac surgery.



Pedro Lucas Santos Fonseca
Perfusionista
Hospital de Santa Marta - CHLC, EPE
Lisboa, Portugal

Alexandre Pereira
Profesor Adjunto de Fisiología Clínica
Escola Superior de Saúde Dr. Lopes Dias - IPCB
Castelo Branco, Portugal

Paulo Franco
Perfusionista
Hospital de Santa Marta - CHLC, EPE
Lisboa, Portugal

Inês Figueira
Perfusionista
Hospital de Santa Marta - CHLC, EPE
Lisboa, Portugal

Duarte Furtado
Perfusionista
Hospital de Santa Marta - CHLC, EPE
Lisboa, Portugal

Vanda Cláudio
Perfusionista
Hospital de Santa Marta - CHLC, EPE
Lisboa, Portugal

José Fragata
Director del Servicio de Cirugía Cardiorrástica
Hospital de Santa Marta - CHLC, EPE
Lisboa, Portugal

Correspondencia:
Pedro Lucas Fonseca
Serviço de Cirurgia Cardiorrástica
Hospital de Santa Marta, Centro Hospitalar de Lisboa Central, EPE
Rua de Santa Marta, N 50. 1169-024 Lisboa (Portugal)
e-mail: plucasf@gmail.com

Recibido: julio de 2017
Aceptado: octubre de 2017

INTRODUCCIÓN

La circulación extracorpórea (CEC) permite la sustitución total o parcial, temporal de las funciones cardíaca y pulmonar, mediante la derivación de la sangre venosa del paciente a la llegada al corazón hacia un circuito extracorpóreo, donde es arterializada y bombeada hacia el torrente arterial¹. Rutina indispensable para la gran mayoría de procedimientos de cirugía cardíaca, la CEC añade riesgos y amplifica la magnitud de la agresión del propio acto quirúrgico, siendo conocidos sus efectos deletéreos desde sus inicios, normalmente infravalorados en beneficio de las ventajas que aporta^{2,3}. El intento de minimizar estos efectos deletéreos ha sido constante a lo largo de la historia de la cirugía cardíaca, destacándose en la actualidad el desarrollo de nuevos materiales cada vez más biocompatibles, la minimización de circuitos, el uso de sistemas de seguridad (filtros, monitores de presión en línea, termómetros, sensores de nivel y burbujas, etc.)⁴, la constante incorporación de nuevas técnicas y protocolos en la CEC y técnicas de ahorro de sangre y hemoderivados; también se procuran nuevos abordajes quirúrgicos menos agresivos con disminución de los tiempos de CEC y clampaje aórtico, nuevas técnicas de protección miocárdica y cerebral así como diferentes estrategias anestésicas y nuevos enfoques en todas las vertientes implicadas en la mejoría de la atención al paciente cardíaco².

La CEC representa un estado de shock controlado que es debido a alteraciones de la pulsatilidad y del patrón del flujo sanguíneo, al contacto de la sangre con superficies no endoteliales y todo un conjunto de alteraciones fisiopatológicas que conllevan a una respuesta inflamatoria influenciada por inúmeros factores como el recurso a la hipotermia, la hemodilución y la anticoagulación, que da lugar al síndrome de respuesta inflamatoria sistémica (SIRS)⁵.

La respuesta inflamatoria tiene dos vertientes, la humoral y la celular, en las que están implicados distintos elementos activados por la CEC, el sistema de la coagulación, el sistema fibrinolítico, el sistema del complemento y el sistema de la calicreína (los tres últimos también denominados de sistema de contacto) y también los neutrófilos, monocitos, linfocitos, plaquetas y células endoteliales. Estos factores son denominados de reactantes de fase aguda. El sistema de contacto facilita la reacción inflamatoria activando los leucocitos y plaquetas y facilitando la labor de las células inmunitarias mediante la vasodilatación y provocando un aumento de la permeabilidad capilar.

El fenómeno inflamatorio se activa a los pocos minutos de iniciada la CEC, persistiendo durante la misma y incluso horas después, pero es en el periodo postoperatorio cuando se manifiestan clínicamente sus efectos. La reacción inflamatoria produce una repercusión específica sobre diferentes órganos como el corazón, que es afectado en primer lugar por la isquemia del periodo de pinzamiento, lo que deriva

en una situación de isquemia-reperusión, además del propio trauma quirúrgico derivado del procedimiento; el pulmón, que es una importante fuente de producción de factores pro-inflamatorios y por otra parte un órgano diana de los mismos; el riñón, el fallo renal contribuye a la retención de líquidos y empeoramiento del edema intersticial producido por la reacción inflamatoria; el cerebro, muy sensible a alteraciones de flujos de perfusión durante la CEC; el intestino, mucosa muy sensible a la isquemia, libera endotoxinas y numerosos péptidos vasoactivos.

El conjunto de efectos inespecíficos y órgano específicos del SIRS pueden acabar en un fallo multiorgánico, una de las causas de mortalidad más frecuentes en la unidad de cuidados intensivos (UCI) de cirugía cardíaca³.

A pesar de todos los progresos a lo largo de los años en la aplicación de la CEC en cirugía cardíaca y de la notable baja tasa de complicaciones y morbimortalidad en los procedimientos, los perfusionistas, cirujanos y anestesiólogos, continúan cada día enfrentándose a problemas todavía no resueltos, que exigen una práctica clínica estricta y basada en la evidencia científica, que garantice una asistencia segura y de calidad².

Como parte activa en el proceso, el equipo quirúrgico deberá buscar estrategias para reducir el daño provocado por el fenómeno inflamatorio adoptando medidas con vista a la reducción de la morbimortalidad de la reacción inflamatoria ligada a la CEC³. La introducción de sistemas de hemofiltración en la CEC es una medida importante y accesible que palió el SIRS y minimiza la lesión de isquemia-reperusión, así como demuestra ser una medida eficaz de ahorro de sangre en cirugía cardíaca de adultos y pediátrica con CEC^{2,6}.

HEMOFILTRACIÓN

La hemofiltración, también conocida como ultrafiltración tuvo el inicio de su desarrollo en los años 50 del siglo XX, y su primera aplicación en cirugía cardíaca se debe a Romagnoli et al⁷, que usó hemoconcentradores para concentrar el volumen residual del oxigenador en el final de la CEC. Posteriormente en 1979, Darup et al⁸, ampliaron el empleo de la ultrafiltración, utilizando el método para separar y extraer agua del volumen circulante del paciente durante la perfusión, esta ha sido la primera aplicación de la ultrafiltración durante la CEC. Más tarde en 1991, Naik y Elliot⁹ introdujeron la técnica de la ultrafiltración modificada (UFM), realizada después de finalizar la CEC, para la rápida eliminación del exceso de agua intersticial acumulada durante la CEC, en neonatos y lactantes. Esta modalidad de ultrafiltración permitió una mejoría substancial en los resultados de la cirugía cardíaca en estos pacientes especialmente sensibles al desplazamiento de agua al tercer espacio, permitiendo atenuar la severidad de la SIRS que

frecuentemente presentan¹⁰. Esta técnica (UFM) así como otros tipos de ultrafiltración se abordarán con exactitud más adelante en este apartado.

Como ya se ha mencionado anteriormente, los pacientes sometidos a la CEC, desarrollan frecuentemente una sobrecarga hídrica, así como alteraciones electrolíticas, además, el contacto con superficies no endoteliales y el propio trauma quirúrgico promueven el aumento de la permeabilidad capilar con el consecuente desplazamiento de agua al tercer espacio.

La ultrafiltración y la hemodiálisis son técnicas eficaces para manejar el balance de fluidos en el contexto de procedimientos específicos y en pacientes con fallo renal o de alto riesgo, siendo de este modo importantes herramientas coadyuvantes de la CEC y las demás tecnologías extracorpóreas. La hemodiálisis requiere un filtro dializador y el empleo de una solución dializante al otro lado de la membrana dializadora, que crea un gradiente de concentración de solutos presentes en la sangre y en esta solución, resultando en su transporte a través de la membrana por difusión y diferencias de concentración^{2,11}.

La ultrafiltración es el movimiento del agua a través de una membrana semipermeable como resultado de un gradiente de presión hidrostática o presión transmembrana. No requiere solución dializante al otro lado de la membrana. A medida que se difunde el agua, se crea un gradiente de concentración de solutos entre la sangre y el otro lado de la membrana. Los solutos siguen el gradiente de concentración siendo transferidos de la sangre al ultrafiltrado, en un proceso de extracción de solutos llamado convección. El líquido eliminado durante la ultrafiltración se denomina ultrafiltrado o agua plasmática¹².

BASES DE LA ULTRAFILTRACIÓN

Este proceso de remoción de agua plasmática o ultrafiltrado se consigue a través del uso de una membrana microporosa habitualmente fabricada con una configuración de fibras huecas, denominada de hemofiltro o hemoconcentrador¹¹.

Los hemoconcentradores son habitualmente compuestos, como se ha dicho anteriormente, por miles de fibras capilares huecas dispuestas paralelamente en el interior de un tubo cilíndrico rígido y transparente que presenta dos orificios en las extremidades para la entrada y la salida de la sangre, que se comunican con el interior de las fibras. El agua y pequeñas moléculas atraviesan los poros de las fibras durante el paso de la sangre por su interior. Un tercer orificio comunica el tubo cilíndrico con el exterior y sirve para recoger el ultrafiltrado. El diámetro interno de las fibras huecas es de aproximadamente 200 micrones (μm) y el espesor de la pared de cada fibra es de cerca de 12 a 15 μm .

El diámetro medio de los poros de las fibras oscila entre 10 y 35 \AA . Estos poros permiten el pasaje del agua y otras sustancias con peso molecular inferior a 20000 Dalton. Cuanto mayor el número de poros existente por unidad de área, más eficiente será el hemoconcentrador. La cantidad de fibras y su longitud determinan el área disponible para la ultrafiltración. De este modo existen hemofiltros adaptados a diferentes tamaños de pacientes, desde neonatos hasta adultos. Los principales materiales utilizados para la elaboración de las fibras son la polisulfona y la poliacrilonitrilo¹⁰.

MECANISMOS DE ACCIÓN DE LA ULTRAFILTRACIÓN

La ultrafiltración permite que el agua y los solutos de bajo peso molecular se separen selectivamente del plasma por un mecanismo de convección, mientras permanecen en circulación los elementos figurados de la sangre, las proteínas y las demás sustancias de alto peso molecular. La fuerza que promueve ese paso de agua a través de los poros de la membrana es la diferencia de presión hidrostática o presión transmembrana (PTM). La PTM es el gradiente de presión entre la fase sanguínea de la membrana y la fase del ultrafiltrado y se expresa por la siguiente ecuación:

$$PTM = \frac{Pe + Ps}{2} + Pn$$

Donde Pe es la presión de entrada de la sangre al hemofiltro, Ps la presión de salida de la sangre del hemofiltro y Pn la presión negativa en la salida del ultrafiltrado^{11,14}. La PTM máxima recomendada para la mayoría de hemofiltros está en torno a los 500 / 600 mmHg. La tasa de remoción de fluido depende de la permeabilidad de la membrana, del flujo de sangre a través de ella, de la PTM y del hematocrito. La permeabilidad de la membrana, está relacionada con el tamaño de los poros, con su espesor y con el material de que está hecha, estos tres factores en conjunto definen el coeficiente de ultrafiltración (Cu). El coeficiente de ultrafiltración relaciona la tasa de remoción de agua, con la PTM para un dispositivo en particular a un flujo de sangre constante, sus valores normales oscilan entre 2 y 50 ml/hr/mmHg. El número total de poros y su diámetro y también la longitud o profundidad de los mismos determinan la eficiencia del hemofiltro o eficiencia de la ultrafiltración, que es directamente proporcional al coeficiente de ultrafiltración, que puede ser expresada por la siguiente ecuación:

$$Qf = Cu \times (PTM - Pco)$$

Donde Qf es la eficiencia de la ultrafiltración, Cu el coeficiente de ultrafiltración, PTM la presión transmembrana

na y P_{co} la presión coloidosmótica. La presión coloidosmótica tiende a reducir la eficiencia de la ultrafiltración, a medida que se da el acumulo de proteínas del plasma en los poros de la membrana, disminuye la eficiencia de la ultrafiltración, este efecto es conocido como *plateauing*^{2,10}. El factor indiscutiblemente más importante para determinar la velocidad de la ultrafiltración y consecuentemente el flujo de ultrafiltrado es la PTM. El ajuste de la velocidad de ultrafiltración a las necesidades de cada paciente puede hacerse modificando la PTM, normalmente eso se obtiene añadiendo presión negativa a la salida del ultrafiltrado. Existe una relación prácticamente lineal entre la PTM y la velocidad de ultrafiltración. Cualquier aumento en la PTM resultará en un aumento proporcional en el flujo de ultrafiltrado^{10,11}.

La eficacia de un hemofiltro para remover una molécula soluble depende directamente de las dimensiones de la molécula y se denomina coeficiente de *Sieving* o coeficiente de cribado. El agua y los solutos de bajo peso molecular que no se unen a proteínas plasmáticas pasan libremente por los poros de la membrana poseyendo un coeficiente de cribado de 1. Las grandes moléculas como por ejemplo la albúmina, el fibrinógeno o la hemoglobina no atraviesan los poros de las membranas de los hemofiltros, así su coeficiente de cribado es cero. Los solutos de bajo peso molecular que se unen a proteínas plasmáticas forman complejos de mayores dimensiones presentando coeficientes de depuración entre 0 y 1. En general, las moléculas con tamaño inferior a 10000 Dalton poseen un coeficiente de cribado de 1, pasando libremente por los poros de la membrana^{12,13,14}.

ESTRATEGIAS DE ULTRAFILTRACIÓN

Existen varias aplicaciones clínicas de la ultrafiltración en cirugía cardíaca, como ya se ha dicho anteriormente el principal objetivo de la ultrafiltración es la remoción del agua plasmática, hemoconcentrando la sangre y las proteínas plasmáticas. Las técnicas de ultrafiltración en CEC son normalmente denominadas según la fase del procedimiento en que se realicen, pudiendo ser pre-CEC, intra-CEC y post-CEC. La ultrafiltración puede también ser clasificada en cuanto a la dirección que la sangre toma en el circuito, denominándose arterio-venosa, veno-venosa o veno-arterial. De entre las varias técnicas de ultrafiltración, se abordarán en este trabajo solamente las dos técnicas más comúnmente utilizadas, la ultrafiltración convencional (UFC) y la ultrafiltración modificada (UFM) en la modalidad arterio-venosa.

La UFC es la que se realiza mientras la CEC está instaurada. Es la técnica más universalmente utilizada. Se realiza habitualmente siempre que se presente una elevada hemodilución, con hematocrito bajo y con suficiente volumen en

el reservorio venoso para poder realizar la técnica, manteniendo el nivel mínimo de seguridad indicado para el reservorio en uso; normalmente se usa más comúnmente en la fase de recalentamiento del paciente. La incorporación del hemoconcentrador en el circuito varía según los diferentes centros y los circuitos en uso en cada centro, siendo generalmente interpuesto en una derivación de la línea arterial, conectándose la salida de sangre a la línea venosa o bien al reservorio venoso, creando de esta forma un *shunt* arterio-venoso (A-V). Se ha de tener en cuenta el apropiado manejo del *shunt* A-V, ya que este puede reducir el flujo arterial para el paciente, de este modo se debe compensar el flujo arterial en relación al flujo de la UFC^{5,12}. La Figura 1 representa una reproducción esquemática del circuito de UFC.

La ultrafiltración modificada (UFM) ha sido desarrollada en los años 90 por Naik y Elliot⁹, para uso en pediatría. A lo largo de los años esta técnica ha venido también a extenderse a los pacientes adultos, resultado de su demostrada eficacia también en esta población^{15,16}. Las dos principales diferencias de la UFM en relación a la UFC, son que en cuanto esta última se procesa durante la CEC, la UFM se realiza después de haber finalizado la CEC y antes de la reversión de la Heparina; la otra diferencia es que la UFM se realiza en circuito totalmente cerrado entre el paciente y el hemofiltro, eliminando de este modo el interfaz aire sangre que se produce en un circuito de CEC convencional abierto. Después de la salida de CEC, se inicia el proceso de UFM durante aproximadamente 10 a 15 minutos. Los flujos de sangre en la UFM en adultos varían entre 100 y 500 ml/min, siendo importante la monitorización constante de la presión arterial y de la presión de la aurícula izquierda, o presión venosa central en el caso de que no se disponga de catéter de presión de aurícula izquierda o de catéter de Swan-Ganz, por forma a monitorizar la volemia y el llenado ventricular del paciente. Los niveles de presión negativa aplicada a la salida del ultrafiltrado se sitúan entre los -80 a -200 mmHg, pudiendo ser ajustados conforme el flujo de ultrafiltrado. El punto que determina el final del procedimiento, es el momento en el cual ya se ha administrado todo el volumen del circuito de CEC al paciente y todas las funciones hemodinámicas estén optimizadas. En el final de la UFM, el perfusionista comunica al restante equipo quirúrgico que se ha acabado el procedimiento, se administra la protamina, prosiguiendo la cirugía según las rutinas normales de cada centro^{5,10}. La Figura 2 representa una reproducción esquemática del circuito de UFM.

Las principales ventajas de la UFM son entre otras, la elevación del hematocrito circulante, el aumento de la viscosidad de la sangre, el aumento de presión coloidosmótica, mejoría de las condiciones hemodinámicas del paciente, la reducción del edema tisular por la migración del agua acumulada en espacio intersticial para la sangre y de esta

para el ultrafiltrado, la reducción de la cantidad absoluta de ciertos mediadores inflamatorios como las anafilotoxinas C3a y C5a, la interleucina 1 (IL-1), la interleucina 6 (IL-6) y el factor de necrosis tumoral (TNF- α), fuertemente relacionadas con la SIRS^{14,17,18}. Numerosas publicaciones avalan el uso de la UFM por su eficacia en revertir los efectos indeseables de la hemodilución, mejorando la hemodinámica del paciente, la función miocárdica y disminuyendo el consumo de sangre y hemoderivados^{19,20}. La UFM se revela de este modo una técnica eficaz y segura que está al alcance de cualquier equipo quirúrgico que desee implementarla en su práctica rutinaria.

A continuación se presenta la investigación que va a estudiar el impacto que las varias estrategias de ultrafiltración descritas tienen en la morbilidad en el postoperatorio de cirugía cardíaca con CEC.

METODOLOGÍA

DISEÑO DEL ESTUDIO

Estudio observacional de etiología descriptivo-correlacional, que incidió en el abordaje retrospectivo de 334 pacientes con enfermedad coronaria, sometidos a cirugía de revascularización miocárdica con CEC, entre enero de 1999 y Junio de 2015, en la Unidad de Cirugía Cardiorrástica del Hospital de Santa Marta, en Lisboa, Portugal.

MUESTREO

El muestreo fue intencional o de conveniencia, sobre la población constituida por todos los pacientes adultos sometidos a cirugía cardíaca con CEC en el período mencionado, obtenidos a partir de la base de datos de la unidad de cirugía cardiorrástica del Hospital de Santa Marta. Los individuos considerados aptos para el estudio se han dividido en cuatro grupos distintos: grupo A, pacientes que realizaron solo UFM; grupo B, pacientes que realizaron UFC y UFM; grupo C, pacientes que realizaran solo UFC; grupo D, pacientes que no realizaron ninguna de las técnicas [sin ultrafiltración (UF)]; creando así cuatro muestras independientes, representadas en la Tabla I.

Los criterios de exclusión que se emplearon han sido: insuficiencia renal crónica (creatinina sérica basal > 1,2 mg/dl), hemoglobina basal < 10 g/dl, recuento plaquetario basal < 150000 U/ μ L, estado crítico preoperatorio y cirugía urgente o emergente. También han sido excluidos del estudio, pacientes transfundidos con concentrado de hematíes antes o durante la cirugía.

RECOGIDA DE DATOS

Los datos se obtuvieron a través de la revisión de las historias clínicas de los pacientes seleccionados, específicamente de los registros de perfusión y de la base de datos de la unidad de cirugía cardíaca de Hospital de Santa Marta.

ESTRATEGIA DE PERFUSIÓN

Después de cumplidos los procedimientos habituales de monitorización del paciente y inducción y mantenimiento anestésico, se dio inicio a la cirugía que culminó en la preparación para la entrada en CEC. Se administraron 3 mg/Kg de Heparina sódica por forma a conseguir una anticoagulación adecuada antes de la canulación (TCA > 250 seg.) y antes de entrar en CEC (TCA > 450 seg.) (analizadores de TCA Actalyke Mini II, Helena Laboratories[®], tubos con celite). Se procedió a la canulación y se entró en CEC. Todos los procedimientos de CEC se realizaron con técnica no pulsátil y bomba arterial de rodillo. El cebado medio del circuito fue de unos 1500 ml, con una composición de 500 ml de Hidroxietilalmidón - Voluven[®] 6%; 0,5 g/Kg de Manitol 20%; 1mEq/Kg de Bicarbonato de Sodio y como excipiente, Ringer Lactato (hasta completar los 1500 ml). Se indujo hipotermia ligera de aproximadamente entre 32°C y 34°C a todos los pacientes y el equilibrio ácido-base ha sido abordado con la estrategia α -Stat. Los flujos de perfusión han sido calculados para 2,4 l/min/m² asegurando condiciones hemodinámicas adecuadas en CEC. Para provocar la parada de corazón en diástole, se infundió tras el clampaje aórtico 1000 ml de solución cardiopléjica hemática hipotérmica 4:1, por vía anterógrada y/o retrógrada, repitiendo una dosis de mantenimiento de 500 ml a cada 20 minutos. En los pacientes que presentaron una elevada hemodilución intra-CEC con valores de hemoglobina < 7 g/dl, y volumen suficiente en el reservorio venoso de modo a mantener el nivel mínimo de seguridad indicado para el oxigenador en uso, se les realizó UFC con el objetivo de disminuir la excesiva hemodilución, hemoconcentrando la sangre circulante y aumentando las cifras de hemoglobina. Los flujos para la UFC variaron entre 100 y 500 ml/min, con un flujo de salida de ultrafiltrado de aproximadamente 100 a 150 ml/min, aplicando presión negativa en la salida de ultrafiltrado del hemoconcentrador con valores aproximados entre -80 y -200 mmHg. Las bombas de CEC utilizadas en la unidad de cirugía cardíaca del Hospital de Santa Marta fueron 3 bombas de Maquet[®] Jostra HL20, los intercambiadores térmicos de Maquet[®] Jostra HCU 20 y HCU 30. Los oxigenadores utilizados fueron el Quadrox de Maquet[®] y el Synthesis de Sorin Biomedica[®] (actualmente LivaNova[®]), en el caso del Quadrox, se utilizó un filtro arterial Quart de Maquet[®]. El sistema de cardioplejía usado fue el MYOthem XP de Medtronic[®].

Finalizada la CEC y comprobada la estabilidad hemodinámica de los pacientes, se inició a la UFM con un flujo inicial a partir de 100 ml/min, que ha sido incrementado hasta los 500 ml/min según la respuesta hemodinámica. El volumen residual del circuito de CEC fue administrado lentamente en el transcurso de la UFM, según las necesidades en llenar el paciente y manteniendo el volumen mínimo de seguridad para el oxigenador en uso. Para infundir la totalidad del volumen residual del circuito, se añadió al reservorio venoso 500 ml de solución salina fisiológica (NaCl 0,9%) que sirvieron como solución de «arrastre» de la sangre contenida en el final del reservorio venoso, en el cabezal de bomba y en la membrana oxigenadora. Durante la UFM, la presión negativa aplicada a la salida del ultrafiltrado se mantuvo entre -80 y -200 mmHg. El tiempo medio de la UFM ha sido de entre 7 y 15 minutos en los cuales se ha removido con total estabilidad y tolerancia hemodinámica entre 100 y 150 ml/min de ultrafiltrado. Una vez terminado el procedimiento, el perfusionista comunicó al restante equipo quirúrgico el fin de la UFM, se retiró la canulación venosa y se inició la administración de sulfato de protamina en la dosis de 3 mg/Kg, lentamente y por vía venosa periférica, con el objetivo de atingir un TCA próximo del de base. Tras la finalización de la protamina se descanuló la aorta, se verificó la hemostasis y se procedió al cierre del esternón. Cumplidas todas las rutinas, los pacientes fueron trasladados a la unidad de cuidados intensivos (UCI) de cirugía cardiotorácica, donde permanecieron el tiempo necesario.

Los hemoconcentradores utilizados poseen una membrana de elevada eficacia, que no requiere pre-enjuagado y es biocompatible. Ambos presentan una absorción mínima de proteínas y un bajo nivel de activación del complemento. Sus características se pueden apreciar en la Tabla II.

DEFINICIÓN DE VARIABLES

Además de un conjunto de variables cualitativas que caracterizan la población, se han definido dos categorías de variables, las peri-operatorias y las post-operatorias. Las variables peri-operatorias son: el tiempo de CEC, el tiempo de clampaje aórtico y la hemoglobina final (Hb) (para las muestras A, B y C). Como variables post-operatorias se ha evaluado el tiempo de soporte respiratorio (ventilación mecánica) en horas, el tiempo de estancia en la UCI y el tiempo hospitalización, expresados en días, la hemorragia, complicaciones renales, neurológicas, cardíacas y respiratorias y necesidad de transfusión con concentrado de hematíes.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para el procesamiento y análisis de los datos se utilizó el programa estadístico IBM SPSS® 21.0, anteriormente deno-

minado de SPSS (Statistical Package for the Social Sciences). Los resultados aparecen expresados como media \pm desviación estándar en las variables cuantitativas y como porcentajes en las variables categóricas. Para comparar las diferentes variables se usó el test de Chi-Cuadrado para análisis de las variables nominales, el test T de Student para la variable Hemoglobina (única con distribución normal) y el U de Mann-Whitney para las variables referentes a los tiempos de soporte respiratorio, tiempo de UCI y tiempo de hospitalización. La normalidad de los datos fue verificada con la prueba de Kolmogorov-Smirnov ($n > 50$) y de Shapiro-Wilk ($n < 50$). La significancia estadística se consideró para un valor de $p < 0,05$. Se realizó un análisis de regresión logística con el objetivo de ajustar la técnica de ultrafiltración a la edad, género y IMC, usando la curva ROC para evaluar el poder discriminante del modelo de regresión.

RESULTADOS

CARACTERIZACIÓN DE LA POBLACIÓN

De los 334 pacientes en el estudio, 268 (80,2%) fueron hombres y 66 (19,8%) mujeres. La edad media de los sujetos fue de $63,8 \pm 9,2$ años, teniendo el individuo más joven 38 años y el mayor 86. El índice de masa corporal (IMC) medio de la muestra fue de 27 Kg/m^2 , el porcentaje de individuos con un $\text{IMC} > 30 \text{ Kg/m}^2$ (obesidad grado I) ha sido de 19,8%. 52,4% de los individuos presentaba sobrepeso ($25 < \text{IMC} < 30 \text{ Kg/m}^2$).

CARACTERÍSTICAS PERI-OPERATORIAS

Todos los individuos de la muestra han sido evaluados por el sistema euroSCORE I (*european system for cardiac operative risk evaluation*), estableciendo prospectivamente en la consulta preoperatoria la estratificación del riesgo quirúrgico²¹.

Del análisis de la Tabla III se puede observar que el mayor porcentaje de individuos (52,7%) presenta un riesgo quirúrgico medio ($3 < \text{euroSCORE} < 5$). Solamente un 1,5% de los individuos presentaban el $\text{euroSCORE} \geq 6$ (alto riesgo quirúrgico). 45,8% de la muestra presentaba bajo riesgo quirúrgico ($0 < \text{euroSCORE} < 2$).

En la Tabla IV se puede observar la distribución de la muestra en los diferentes tipos de cirugía.

La cirugía más realizada ha sido los 3 bypass aortocoronarios (CABG X 3) en 57,5% de los pacientes.

El tiempo medio de CEC ha sido de $64,8 \pm 19,6$ minutos. El tiempo medio de clampaje aórtico ha sido de $35,3 \pm 14,9$ minutos.

ANÁLISIS DE RELACIÓN ENTRE VARIABLES PERI Y POSTOPERATORIAS

Al analizar la técnica de ultrafiltración y la necesidad de administración de concentrado de hematíes (CH), podemos observar que el grupo sin ultrafiltración es el grupo que presenta una mayor necesidad de administración de CH, siendo necesario en este grupo administrar CH a 61% de los pacientes (61 sujetos). El grupo que ha tenido menos necesidad de CH ha sido el grupo donde se realizaron las dos estrategias de ultrafiltración (UFC+UFM), siendo necesario administrar CH a solamente 33% de los pacientes del grupo (33 sujetos), como se puede observar en la Tabla V. Por la aplicación del test del Chi-Cuadrado, se verifican diferencias estadísticamente significativas ($p = 0,001$) entre estas variables. También a través del análisis de los valores *Standardized Residuals* (Std. Residuals) (casillas con el fondo gris), se puede observar la fuerza de la diferencia entre las dos variables, evidenciando el cuanto significativas son las variables para el test de Chi-Cuadrado²². Se puede observar que el valor de Std. Residuals para el grupo que no realizó ultrafiltración en relación a la necesidad de CH es de 2,2 (superior al valor crítico de $\pm 1,96$) presentando diferencias significativas en relación al valor esperado con un intervalo de confianza de 95%. En el grupo que realizó las dos técnicas (UFC+UFM), el valor de St. Residuals próximo del valor crítico también indica la fuerza de la diferencia entre las variables, revelando que existen menos individuos en este grupo que tienen necesidad de CH en relación a los demás grupos.

Como se puede observar de forma más facilitada en la Figura 3, la necesidad de CH es mayor en el grupo sin ultrafiltración. El grupo que ha tenido menos necesidad de CH, ha sido el grupo que realizó ambas las técnicas de ultrafiltración. Sin embargo, el grupo al cual se realizó solamente UFM es, después del anterior, el que menos necesidad tuvo de CH. El grupo que realizó únicamente UFC, presenta valores muy similares en términos de necesidad de CH, aparte de ser el grupo menos expresivo, con menos de la mitad de sujetos que los restantes grupos.

Con el objetivo de facilitar el análisis estadístico, la interpretación de los resultados y la lectura del trabajo, se optó por reunir los cuatro grupos de complicaciones en únicamente un grupo de complicaciones postoperatorias.

Al analizar el cruce de datos entre las distintas técnicas de ultrafiltración y las complicaciones postoperatorias, observando la Tabla VI, podemos verificar que el grupo que presenta menor tasa de complicaciones postoperatorias es el grupo al cual se realizó exclusivamente UFM, con solamente un 12,5% de complicaciones postoperatorias; seguido del grupo al cual se realizaron las dos técnicas (UFC+UFM), con 30% de complicaciones postoperatorias. Los grupos que presentaron la mayor tasa de complicaciones han sido el grupo que realizó solamente UFC, con 56,7% de compli-

caciones postoperatorias, seguido del grupo que no realizó ultrafiltración, con 45% de complicaciones postoperatorias. No obstante la interpretación del mayor porcentaje de complicaciones en el grupo UFC es limitada por la poca expresividad de este grupo con menos de la mitad de los sujetos de los otros grupos; asimismo la mayor incidencia de complicaciones postoperatorias se verifica en el grupo sin ultrafiltración. Por la aplicación del test de Chi-cuadrado se verifican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,001$) entre la técnica de ultrafiltración utilizada y la tasa de complicaciones postoperatorias.

Observando los valores Std. Residuals (casillas con el fondo gris), podemos verificar que el valor de -3,4 indica la fuerza de la relación entre la técnica UFM y la menor tasa de complicaciones postoperatorias, evidenciando la significancia estadística entre las variables con un intervalo de confianza de 95%. En el otro extremo, los valores de 2,5 y 2,4 (muy por encima del valor crítico), indican la fuerte relación entre los grupos UFC y el grupo sin ultrafiltración respectivamente, con la mayor tasa de complicaciones postoperatorias. El intervalo de confianza es de 95%.

De una forma más simplificada, observando la figura 4, se puede verificar que el grupo que presenta menos complicaciones postoperatorias es el grupo de la UFM, seguido del grupo que realizó ambas las técnicas. El grupo que presenta más complicaciones postoperatorias es el grupo sin ultrafiltración.

En el análisis de la relación entre la hemoglobina final (Hb) y las complicaciones postoperatorias se puede observar que el valor medio de Hb es menor en el grupo que presenta complicaciones postoperatorias, exhibiendo valores medios de 9,9 g/dl $\pm 1,26$ versus 10,2 g/dl $\pm 1,37$ en el grupo sin complicaciones, como se observa en la tabla VII. Para esta análisis se usó el test T de Student constatando que no existen diferencias estadísticamente significativas entre las variables ($p > 0,05$).

Para el análisis de los tiempos de soporte respiratorio (ventilación mecánica), los tiempos de estancia en UCI y los tiempos de hospitalización y su relación con la existencia o no de complicaciones postoperatorias se usó el test U de Mann-Whitney. Observando la Tabla VIII, podemos verificar que el tiempo de soporte respiratorio es mayor en el grupo que presentó complicaciones postoperatorias que en el grupo sin complicaciones – tiempo medio de soporte respiratorio de 9,55 horas $\pm 9,41$ para el grupo que presenta complicaciones, versus 6,65 horas $\pm 2,70$ para el grupo en el cual no hubo complicaciones, existiendo diferencias estadísticamente significativas entre las variables ($p = 0,002$). Los tiempos de estancia en UCI también son más elevados en los pacientes que presentan complicaciones postoperatorias que los pacientes sin complicaciones – tiempo medio de estancia en UCI de 1,81 días $\pm 2,12$ para los pacientes que presentaron complicaciones postoperatorias, versus 1,23 días $\pm 0,53$ para los pacientes sin complicaciones, siendo las

diferencias entre los dos grupos estadísticamente significativas ($p < 0,001$). Por último los pacientes que presentaron complicaciones postoperatorias pasaron más tiempo en el hospital ($9,97$ días $\pm 6,51$) que los pacientes sin complicaciones ($7,37$ días $\pm 2,07$), verificándose diferencias estadísticamente significativas entre las dos variables ($p < 0,001$).

Se realizó un análisis de regresión logística con el método Enter (método simultáneo), con el objetivo de definir el conjunto de predictores que forman el modelo entre las complicaciones postoperatorias ajustadas al género, a la edad y a la técnica de ultrafiltración utilizada (los resultados presentan un intervalo de confianza del 95%). Mediante la observación de la Tabla IX se puede inferir que la realización de la técnica de UFC en combinación con UFM reduce 0,486 veces el riesgo de complicaciones postoperatorias en relación al grupo en el cual no se realizó ninguna técnica de ultrafiltración ($p < 0,05$). La realización de UFM aisladamente disminuye el riesgo de complicaciones en 0,155 veces frente al grupo al cual no se le realizó ninguna de las técnicas ($p < 0,001$).

La edad representa un incremento de riesgo de complicaciones de 1,037 veces por cada año ($p < 0,05$) y el género femenino tiene menor probabilidad de presentar complicaciones postoperatorias cuando comparado con el género masculino (0,542 veces menor probabilidad, aunque presentando un valor de p marginalmente significativo, $p = 0,07$).

El modelo se ajusta correctamente a los datos, no obstante presenta una baja sensibilidad (28,6%) pero con buena especificidad (90,4%).

La curva ROC presenta un área bajo la curva de 0,729 - lo que expresa un valor predictivo regular para el modelo final obtenido (Figura 5).

DISCUSIÓN

Las mejoras en la técnica y los materiales usados en la CEC, han reducido significativamente al cabo de los años la mortalidad y la morbilidad en cirugía cardíaca. Sin embargo el uso de la CEC provoca efectos no deseados como la hemodilución excesiva, alteraciones del patrón de flujo sanguíneo y todo un conjunto de alteraciones fisiopatológicas que desarrollan el síndrome de respuesta inflamatoria sistémica (SIRS) llevando a un significativo acumulo de agua en el espacio extravascular. La disfunción orgánica post CEC puede llevar a un incremento de la morbimortalidad postoperatoria. Una amplia variedad de técnicas han sido desarrolladas a lo largo de la historia de la CEC, con el objetivo de revertir este acumulo de agua en el espacio intersticial²³. La ultrafiltración es por sus principios, una de las técnicas de excelencia para prevenir y revertir este estado, atenuando la magnitud de la SIRS, reduciendo la hemorra-

gia y el consumo de hemoderivados, mejorando el gasto cardíaco, el índice cardíaco y las resistencias vasculares sistémicas²⁴.

La cirugía cardíaca se acompaña habitualmente de una alta tasa de transfusión de hemoderivados; el incremento del número de cirugías y de su mayor complejidad, juntamente con el envejecimiento de la población ha supuesto un considerable aumento de la demanda de transfusión sanguínea y hemoderivados²⁵.

Después de analizar los resultados se puede observar que la mayor necesidad de administración de concentrado de hemáties (CH) ha sido en el grupo al cual no se ha realizado ultrafiltración. Los grupos que presentaron menor necesidad de administración de CH han sido el grupo que ha realizado las dos técnicas (UFC+UFM), seguido del grupo que realizó solamente UFM ($p < 0,05$). Estos resultados sugieren que la aplicación de las dos técnicas de ultrafiltración (UFC y UFM) y también la realización solamente de UFM, están asociadas con un menor consumo de sangre, estando de acuerdo con los resultados de Naik y Elliot⁹, Torina et al¹⁵, Zakkar et al²⁴ y Draaisma et al²⁶, que refieren que las varias estrategias de ultrafiltración y la UFM en particular aumentan los niveles de hemoglobina y hematocrito y reducen la hemorragia postoperatoria, reduciendo de este modo el consumo de sangre y hemoderivados.

La relación entre la técnica de ultrafiltración y la existencia o no de complicaciones postoperatorias indica que el grupo que presenta menor tasa de complicaciones postoperatorias es el grupo al cual se realizó exclusivamente UFM, seguido del grupo al cual se realizaron las dos técnicas (UFC+UFM). Los grupos que presentaron mayor tasa de complicaciones han sido el grupo al cual solo se le realizó UFC y en grupo sin ultrafiltración, no obstante, la interpretación de la mayor tasa de complicaciones en el grupo UFC es limitada por la poca expresividad de este grupo con menos de la mitad de los sujetos de los otros grupos; asimismo la mayor incidencia de complicaciones postoperatorias se verifica en el grupo sin ultrafiltración ($p < 0,001$). Desde el punto de vista fisiopatológico, este resultado está totalmente de acuerdo con los autores que han descrito los múltiples efectos provechosos de la ultrafiltración en los varios órganos y sistemas, implicada en la reducción de la magnitud de la SIRS, en la disminución del edema miocárdico mejorando el gasto cardíaco, en la mejoría de la hemodinámica intra y post CEC, contribuyendo para la menor incidencia de complicaciones postoperatorias y menor prevalencia de morbilidad^{15,27,28}.

Al estudiar la relación entre la hemoglobina final y las complicaciones postoperatorias se ha podido observar que el valor medio de Hb es menor en el grupo que presenta complicaciones postoperatorias, sin embargo esta relación no presenta diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$), no obstante, los resultados apuntan a que valores

bajos de hemoglobina final post CEC, están asociados a pacientes que presentan más complicaciones postoperatorias, lo que va al encuentro de lo que refiere Ranucci²⁹, que demuestra que valores críticos de hematocrito en CEC son factores independientes de riesgo de complicaciones postoperatorias como fallo renal y bajo gasto cardíaco.

Analizando el tiempo de soporte respiratorio, tiempo de estancia en UCI y tiempo de hospitalización y su relación con la existencia de complicaciones postoperatorias, se puede verificar que un mayor tiempo de soporte respiratorio está asociado con la existencia de complicaciones postoperatorias ($p < 0,05$), lo que está de acuerdo con Heringlake³⁰, que presenta hallazgos relacionando tiempos prolongados de ventilación mecánica con fallo renal agudo tras cirugía cardíaca con CEC. Los tiempos de estancia en UCI también son más prolongados en los pacientes que presentan complicaciones postoperatorias ($p < 0,001$). Los pacientes que presentaron complicaciones postoperatorias pasaron más tiempo en el hospital que los pacientes sin complicaciones ($p < 0,001$), estos resultados son semejantes a los publicados por Azarfarin³¹, que asocia tiempos de UCI y de hospitalización elevados con mayor incidencia de fallo renal, bajo gasto cardíaco, hipotensión, hemorragia y transfusión.

El estudio de las complicaciones postoperatorias ajustadas al género, a la edad y a la técnica de ultrafiltración utilizada demostró que la técnica de UFC en combinación con UFM reduce el riesgo de complicaciones postoperatorias ($p < 0,05$); la realización de UFM aisladamente disminuye el riesgo de complicaciones postoperatorias ($p < 0,001$). La edad representa un incremento de riesgo de complicaciones ($p < 0,05$) y el género femenino tiene menor probabilidad de presentar complicaciones postoperatorias ($p > 0,05$).

A lo largo de la realización del estudio se han ido revelando algunas limitaciones. Las principales limitaciones al estudio han sido su carácter retrospectivo, teniendo que recurrir a datos del año de 1999 para obtener pacientes a los cuales no se haya realizado ninguna técnica de ultrafiltración, una vez que a partir del año 2000 todos los pacientes operados en la unidad de cirugía cardíaca del Hospital de Santa Marta realizan UFM (y UFC se necesario), rechazando la posibilidad de realización de un estudio multicéntrico, por la difícil estandarización de protocolos, diseño más complejo y variabilidad de técnicas. Esta selección no aleatoria de la muestra, hace con que los resultados no se puedan extrapolar para otras poblaciones o muestras que no las estudiadas.

CONCLUSIONES

Las principales conclusiones verificadas en el estudio han sido que la aplicación de las técnicas de ultrafiltración (UFC y UFM) está asociada a un menor consumo de sangre.

La UFM contribuye para la menor incidencia de complicaciones postoperatorias y menor prevalencia de morbilidad. Los elevados tiempos de ventilación mecánica, estancia en UCI y de hospitalización están relacionados con la existencia de complicaciones postoperatorias. La edad representa a cada año un incremento de riesgo de complicaciones postoperatorias. La realización de este estudio establece un soporte válido para estudios adicionales enfocados en la temática de la SIRS y los mediadores inflamatorios, la función renal post CEC o la hemorragia y coagulación post CEC.

CONFLICTO DE INTERESES

El autor del presente trabajo declara no tener ningún conflicto de intereses.

AGRADECIMIENTOS

El autor del trabajo agradece de una forma general a todos los que, de manera directa o indirecta, han contribuido a la realización de este trabajo:

A la dirección del III Máster en Técnicas de Perfusión y Oxigenación extracorpórea, en especial a Dña. Maite Mata por el apoyo prestado.

A los Perfusionistas del Hospital de Santa Marta por el espíritu de entereza que nos distingue.

Al Dr. Pedro Coelho por la ayuda con la base de datos del servicio de Cirugía Cardiorrástica del Hospital de Santa Marta

A los compañeros del máster por la continua ayuda desde el comienzo.

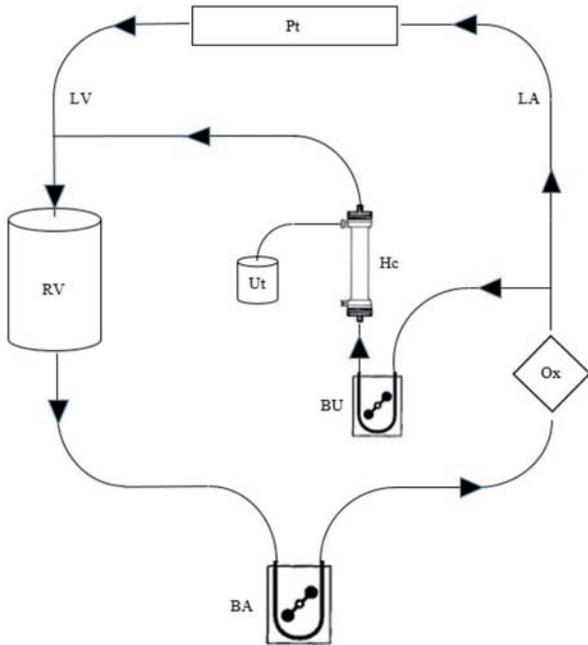
A toda la familia, por el apoyo incondicional en los buenos y malos momentos.

REFERENCIAS

1. González M. Circuitos, cánulas, conexiones y nuevos sistemas. En: Gomar C, Pomar JL, Mata MT, editores. Fisiopatología y técnicas de circulación extracorpórea. 2ª ed. Barcelona: Ergon; 2011. p. 209-227.
2. Burgos-Morales PP, Alexandre-Leyva M, Bonet-Majó M, Blásquez-Hernández R, Carballo-Rodríguez L, Orozco-Ibarra P. Estrategias de hemofiltración en CEC, repercusiones de la técnica sobre la evolución clínica durante la estancia postoperatoria en UCI. Rev. Esp. Perfusión. 2013; 55: 11-34
3. Martínez J. Respuesta inflamatoria a la circulación extracorpórea y sus complicaciones postoperatorias. En: Gomar C, Pomar JL, Mata MT, editores. Fisiopatología y técnicas de circulación extracorpórea. 2ª ed. Barcelona: Ergon; 2011. p. 375-384.

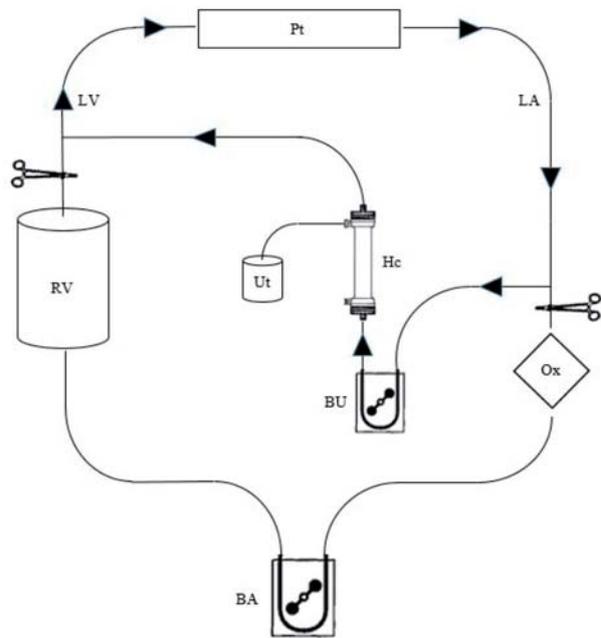
4. Martin L, Mata MT. Sistemas de Seguridad. En: Gomar C, Pomar JL, Mata MT, editores. *Fisiopatología y técnicas de circulación extracorpórea*. 2ª ed. Barcelona: Ergon; 2011. p. 229-239.
5. Fragata J, et al. *Procedimentos em Cirurgia Cardiorácica*. Lisboa: Lidel; 2009.
6. Ferraris VA, Brown JR, Despotis GJ, Hammon JW, Reece TB, Saha SP, et al. 2011 Update to the Society of Thoracic Surgeons and the Society of Cardiovascular Anesthesiologists Blood Conservation Clinical Practice Guidelines. *Ann Thorac Surg*. 2011; 91: 944-82
7. Romagnoli A, Hacker J, Keats AD, Milan J. External Hemoconcentration after deliberate hemodilution [Resumen]. *Ann Meet Am Soc Anesthesiol*. 1976.
8. Darup J, Bleese N, Kalmar P, Lute G, Pokar A, Polonius MJ. Haemofiltration during extracorporeal circulation. *Thorac Cardiovasc Surg*. 1979; 27: 227-230.
9. Naik SK, Knight A, Elliot MJ. A prospective randomised study of a modified technique of ultrafiltration during pediatric open-heart surgery. *Circulation*. 1991; 84 (3): 422-431
10. Souza MHL, Elias DO. *Fundamentos da Circulação Extracorpórea*. 2ª ed. Rio de Janeiro: Centro editorial Alfa Rio; 2006.
11. Sutton RG, Rothenberg DM. Ultrafiltration and Dialysis. En: Gravlee GP, Davis RF, Stammers AH, Alfred H, Ungerleider, RM, editores. *Cardiopulmonary Bypass: Principles and Practice*. 3ª ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2008. p. 115-127.
12. Searles B, Darling E. Ultrafiltration in Cardiac Surgery. En: Mongero LB, Beck JR, editores. *On Bypass – Advanced Perfusion Techniques*. New Jersey: Humana Press; 2008. p. 204-209
13. Sellarés VL. Principios Físicos: Definiciones y conceptos. *Revista Nefrología, Nefrología al día*. 2012; 6:0 (1): 1842
14. Collins K, McKensen B. Metabolic management during cardiopulmonary bypass. En: Ghosh S, Falter F, Cook DJ, editores. *Cardiopulmonary Bypass*. Cambridge: Cambridge University Press; 2009. p. 70-79.
15. Torina AG, Silveira-Filho LM, Vilarinho KA, Eghtesady P, Oliveira PP, Sposito AC, et al. Use of modified ultrafiltration in adults undergoing coronary artery bypass grafting is associated with inflammatory modulation and less postoperative blood loss: a randomised and controlled study. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2012; 144 (3): 663-670
16. Leyh RG, Bartels C, Houbert-Hübner E, Bechtel JFM, Sievers HH. Influence of modified ultrafiltration on coagulation, fibrinolysis and blood loss in adult cardiac surgery. *European Journal of Cardiothoracic Surgery*. 2001; 19: 145-151
17. Hovels-Gurich HH, Schumaceler K, Vasquez F. Cytokine Balance in infants undergoing cardiac operation. *Ann Thorac Surg*. 2002; 73: 601-609
18. Antunes N, Dagosavc D, Petrucci Jr. O, Oliveira PPM, Kossour C, Blotta MHSL, et al. Ultrafiltração para remover mediadores inflamatórios durante circulação extracorpórea na revascularização do miocárdio. *Rev Bras Cir Cardiovasc*. 2008; 23 (2): 175-182.
19. Colli A, Balduzzi S, Ruyra X. The Hemobag: The modern ultrafiltration system for patients undergoing cardiopulmonary bypass. *J Cardiothorac Surg*. 2012; 7: 55
20. Pérez-Vela JL, Ruiz-Alonso E, Guillén-Ramírez F, García-Maellas MT, Renes-Carreño E, Cerro-García M, et al. ICU outcomes in adult cardiac surgery patients in relation to ultrafiltration type. *Perfusion*. 2008; 23 (2): 79-87.
21. Nashef SAM, Roques F, Michel P, Gauducheau E, Lemes-how S, Salamon R. European system for cardiac operative risk evaluation (EuroSCORE). *Eur J Cardiothorac Surg*. 1999; 16: 9-13
22. statisticshowto.com [Internet]. Jacksonville: Theme Horse; 2016 [Citado a 22 de abr. de 2016]. Disponible en <http://www.statisticshowto.com/what-is-a-standardized-residuals/>
23. Gaynor JW. Use of ultrafiltration during and after cardiopulmonary bypass in children. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2001; 122 (2): 209-211.
24. Zakkari M, Guida G, Angelini GD. Modified ultrafiltration in adult patients undergoing cardiac surgery. *Interactive Cardiovascular and Thoracic Surgery*. 2015; 20: 415-421
25. Jurado-Morata A, Casado-Sánchez CJ, Elías-Fuente A, Pérez-López A. Estrategias para minimizar el consumo de sangre en cirugía cardíaca. *Rev. Esp. Perfusion*. 2015; 59 (2): 39- 45.
26. Draaisma AM, Hazekamp MG, Frank M, Anes N, Schoof PH, Huysmans HA. Modified Ultrafiltration After Cardiopulmonary Bypass in Pediatric Cardiac Surgery. *Ann Thorac Surg*. 1997; 64: 521-525.
27. Gonçalves AS, Figueira MI, Franco PJ, Raposo SM. Fórmula de cálculo do volume de ultrafiltrado extraído pela ultrafiltração modificada, em indivíduos adultos. *Saúde & Tecnologia*. 2008; 1: 42-46.
28. Luciani GB, Menon T, Vecchi B, Auriemma S, Mazzucco A. Modified Ultrafiltration Reduces Morbidity After Adult Cardiac Operations A Prospective, Randomized Clinical Trial. *Circulation*. 2001; 104 (1): 253-259
29. Ranucci M, et al. Lowest Hematocrit on Cardiopulmonary Bypass Impairs the Outcome in Coronary Surgery - An Italian Multicenter Study from the National Cardioanesthesia Database. *Tex Heart Inst J*. 2006; 33(3): 300-305.
30. Heringlake M, et al. Postoperative intubation time is associated with acute kidney injury in cardiac surgical patients. *Critical Care*. 2014; 18: 547-559
31. Azarfarin R, Ashouri N, Totonchi Z, Bakhshandeh H, Yaghoubi A. Factors Influencing Prolonged ICU Stay After Open Heart Surgery. *Res Cardiovasc Med*. 2014; 3(4): e20159.

Figura 1. Circuito de ultrafiltración convencional



Pt: Paciente, Lv: Línea Venosa, RV: Reservorio venoso, BA: Bomba Arterial, Ox: Oxigenador, LA: Línea Arterial, BU: Bomba de ultrafiltración, Hc: Hemoconcentrador, Ut: Colector de Ultrafiltrado

Figura 2. Circuito de ultrafiltración modificada



Pt: Paciente, Lv: Línea Venosa, RV: Reservorio venoso, BA: Bomba Arterial, Ox: Oxigenador, LA: Línea Arterial, BU: Bomba de ultrafiltración, Hc: Hemoconcentrador, Ut: Colector de Ultrafiltrado

Tabla I. Definición de la muestra

Grupo A	Grupo B	Grupo C	Grupo D
UFM	UFC+UFM	UFC	Sin UF
n = 104	n = 100	n = 30	n = 100

Tabla II. Características de los hemoconcentradores utilizados

Características	Hemoconcentrador	
	Maquet® BC 140 Plus	Sorin® SH 14
Área de Membrana (m ²)	1,35	1,4
Diámetro interno de las fibras (µm)	215	200
Grosor de la pared de las fibras (µm)	50	30
Volumen de cebado (ml)	98 ± 10%	80
PTM máx. (mmHg)	600	500
Flujo min./máx. de sangre (ml/min)	100/500	---/500
Materiales		
Membrana	Poliariletersulfona (PAES)	Polietersulfona
Involucro	Polycarbonato (PC)	Polycarbonato (PC)
Tapas	Polietileno (LPDE)	Polietileno (LPDE)

Tabla III. euroSCORE en la muestra

euroSCORE	n	%	% válido	% acumulado
0	37	11,1	11,1	11,1
1	56	16,8	16,8	27,8
2	60	18,0	18,0	45,8
3	63	18,9	18,9	64,7
4	56	16,8	16,8	81,4
5	57	17,1	17,1	98,5
6	2	,6	,6	99,1
8	1	,3	,3	99,4
9	1	,3	,3	99,7
10	1	,3	,3	100,0
Total	334	100,0	100,0	

Tabla IV. Tipo de cirugía

Cirugía	n	%	% válido	% acumulado
CABG X 1	18	5,4	5,4	5,4
CABG X 2	94	28,1	28,1	33,5
CABG X 3	192	57,5	57,5	91,0
CABG X 4	29	8,7	8,7	99,7
CABG X 5	1	,3	,3	100,0
Total	334	100,0	100,0	

Tabla V. Relación entre la técnica de ultrafiltración y la necesidad de concentrado de hematíes

			Concentrado Hematíes		Total
			No	Si	
Técnica de ultrafiltración	UFC + UFM	n	67	33	100
		% Técnica de ultrafiltración	67,0%	33,0%	100,0%
		% Concentrado Hematíes	37,0%	21,6%	29,9%
		% of Total	20,1%	9,9%	29,9%
		Std. Residual	1,7	-1,9	
	UFC	n	14	16	30
		% Técnica de ultrafiltración	46,7%	53,3%	100,0%
		% Concentrado Hematíes	7,7%	10,5%	9,0%
		% of Total	4,2%	4,8%	9,0%
		Std. Residual	-,6	,6	
	Sin UF	n	39	61	100
		% Técnica de ultrafiltración	39,0%	61,0%	100,0%
		% Concentrado Hematíes	21,5%	39,9%	29,9%
		% of Total	11,7%	18,3%	29,9%
		Std. Residual	-2,1	2,2	
	UFM	n	61	43	104
		% Técnica de ultrafiltración	58,7%	41,3%	100,0%
% Concentrado Hematíes		33,7%	28,1%	31,1%	
% of Total		18,3%	12,9%	31,1%	
Std. Residual		,6	-,7		
Total	n	181	153	334	
	% Técnica de ultrafiltración	54,2%	45,8%	100,0%	
	% Concentrado Hematíes	100,0%	100,0%	100,0%	
	% of Total	54,2%	45,8%	100,0%	

Tabla VI. Relación entre la técnica de ultrafiltración y la existencia de complicaciones postoperatorias

			Complicaciones		
			No	Si	Total
Técnica de ultrafiltración	UFC + UFM	Count	70	30	100
		% within Técnica de ultrafiltración	70,0%	30,0%	100,0%
		% within Complicaciones	30,6%	28,6%	29,9%
		% of Total	21,0%	9,0%	29,9%
		Std. Residual	,2	-,3	
	UFC	Count	13	17	30
		% within Técnica de ultrafiltración	43,3%	56,7%	100,0%
		% within Complicaciones	5,7%	16,2%	9,0%
		% of Total	3,9%	5,1%	9,0%
		Std. Residual	-1,7	2,5	
	Sin UF	Count	55	45	100
		% within Técnica de ultrafiltración	55,0%	45,0%	100,0%
		% within Complicaciones	24,0%	42,9%	29,9%
		% of Total	16,5%	13,5%	29,9%
		Std. Residual	-1,6	2,4	
	UFM	Count	91	13	104
		% within Técnica de ultrafiltración	87,5%	12,5%	100,0%
% within Complicaciones		39,7%	12,4%	31,1%	
% of Total		27,2%	3,9%	31,1%	
Std. Residual		2,3	-3,4		
Total	Count	229	105	334	
	% within Técnica de ultrafiltración	68,6%	31,4%	100,0%	
	% within Complicaciones	100,0%	100,0%	100,0%	
	% of Total	68,6%	31,4%	100,0%	